



# **Le concept d'IPM appliqué en culture cotonnière**

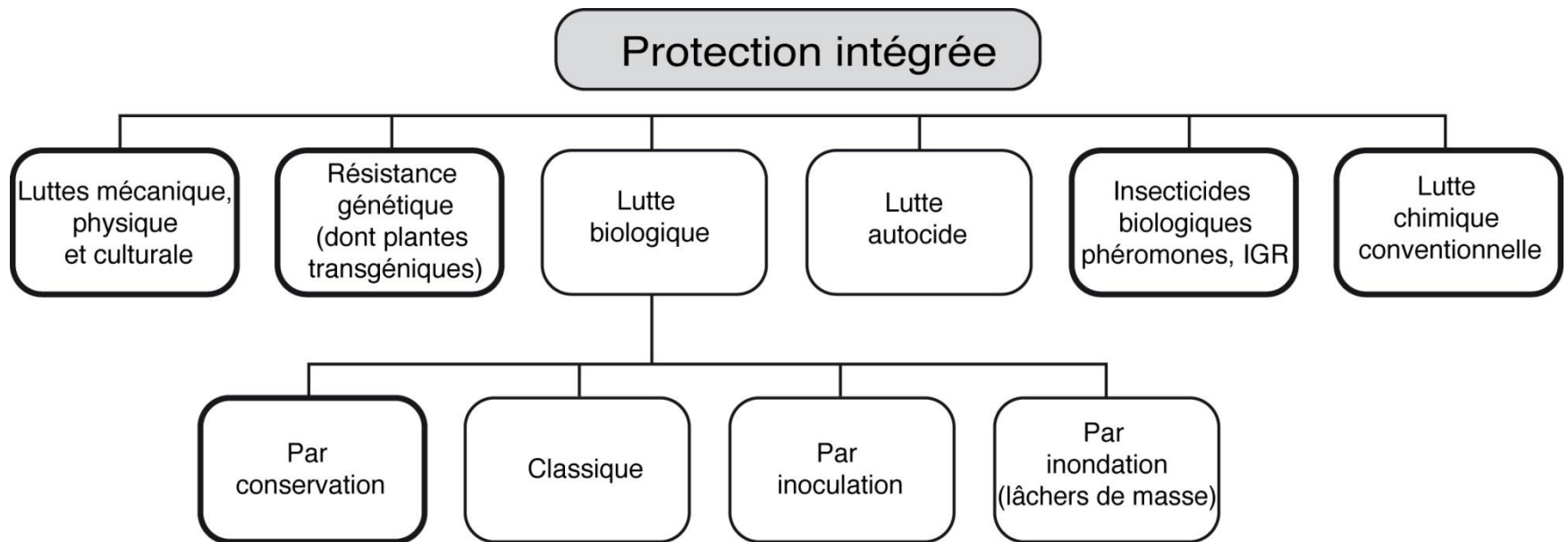
**P. J. Silvie**

**IRD/CIRAD**

**SupAgro 7 Février 2011  
DES Gembloux-UCL  
(Master complémentaire en protection  
des cultures tropicales et subtropicales)**

## « Technologies » disponibles pour le management des ravageurs

**Concept/paradigme = IPM = MIP**



(source : Eilenberg *et al.*, 2001, traduit)

# **Revue des outils disponibles**

- **Les méthodes culturelles**

**Calendrier cultural, dates de semis, semis regroupés**

**Densité et associations de plantes (biodiversité)**

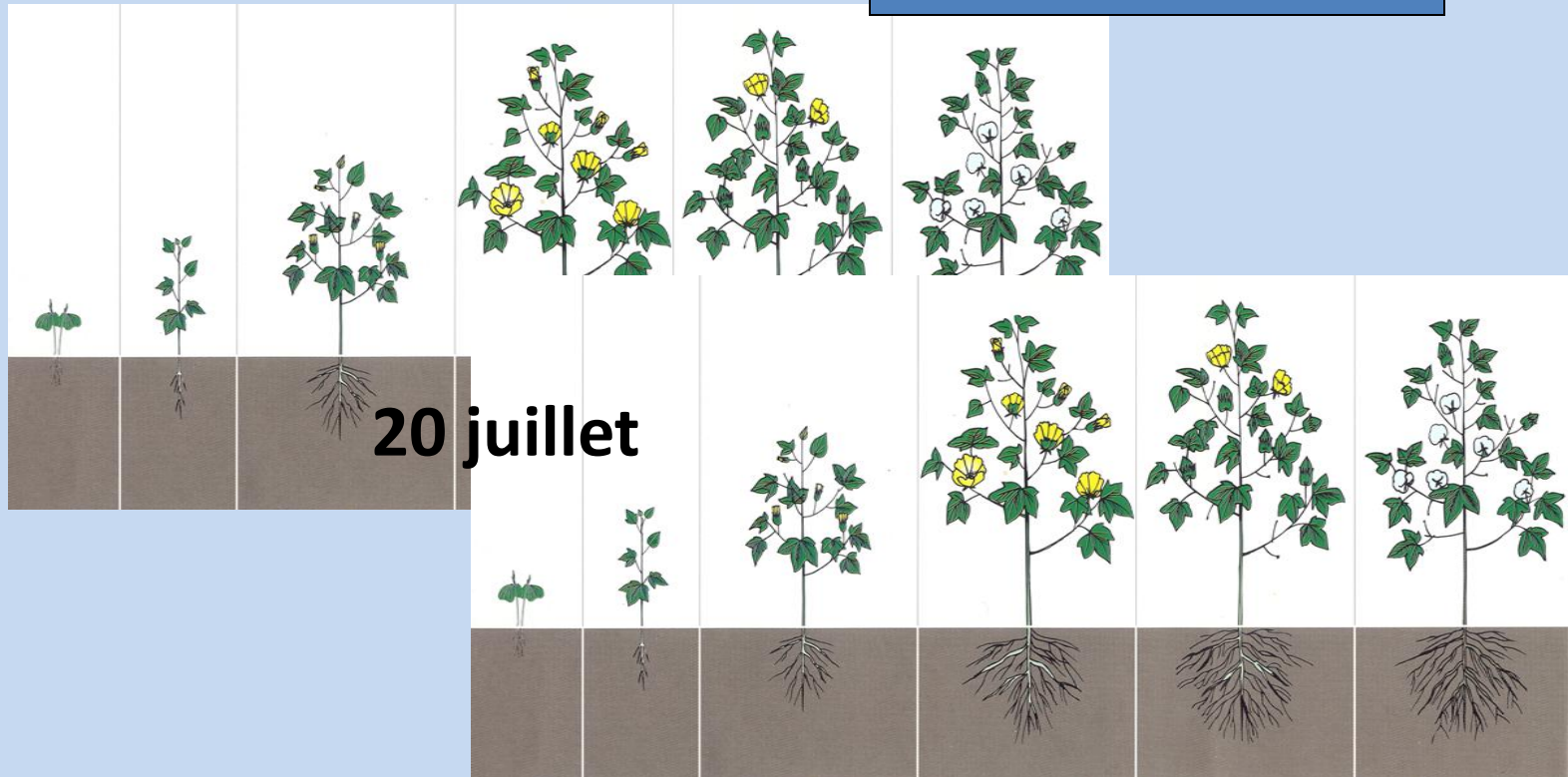
# Echapper au parasitisme...

calage du semis du cotonnier par rapport à celui  
des chenilles de la capsule en Afrique de l'Ouest  
sous régime pluviométrique bimodal

20 sept.

20 mai

Attaque *H. armigera*





## Haute Densité en culture mécanisée: raccourcir le cycle de production



Exemple: 0,38 à 0,45 cm (Brésil)



# Régulateurs de croissance



# Pratiques d'associations de culture

- **Pratiques culturales**  
Idée = détourner le ravageur  
de la plante sensible

Plantes attractives pour des pucerons et  
des coccinelles (haricot)





# Exemple de pratiques d'associations





# Coton biologique au Paraguay



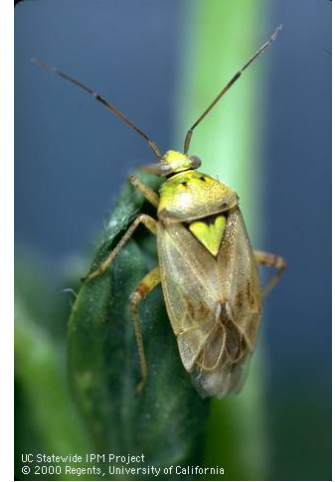
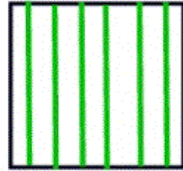


# Bandes de luzerne (Cas de *Lygus*)

Plantes-pièges (*trap crop*) pour certains insectes

## Possible Placements of Alfalfa Habitat Strips

- ✓ 3 ft strips where sprinkler lines remain
- ✓ Framing the field with a swather-width border
- ✓ Leaving two swather-width strips at the edge



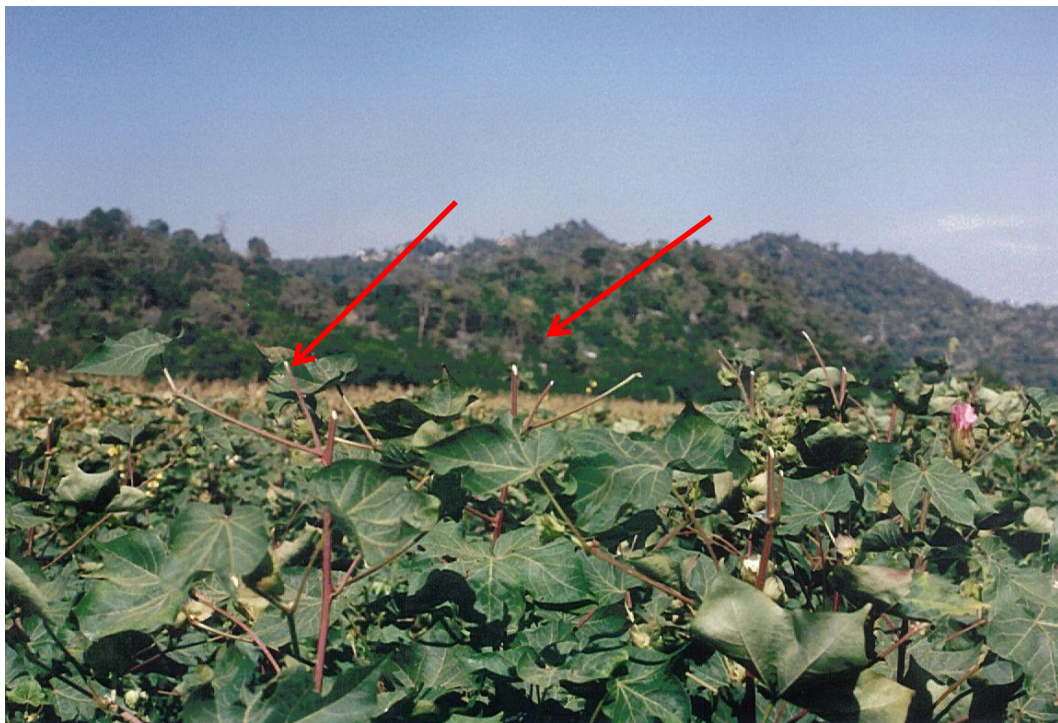
UC Statewide IPM Project  
© 2000 Regents, University of California



UC Statewide IPM Project  
© 2000 Regents, University of California

# La réduction de la pression parasitaire

- Par des pratiques culturales adaptées
  - Détruire les refuges potentiels des ravageurs :  
écimage, gestion des résidus de récolte





# Le maintien de la biodiversité

A travers un système de cultures diversifié



Que choisir ?



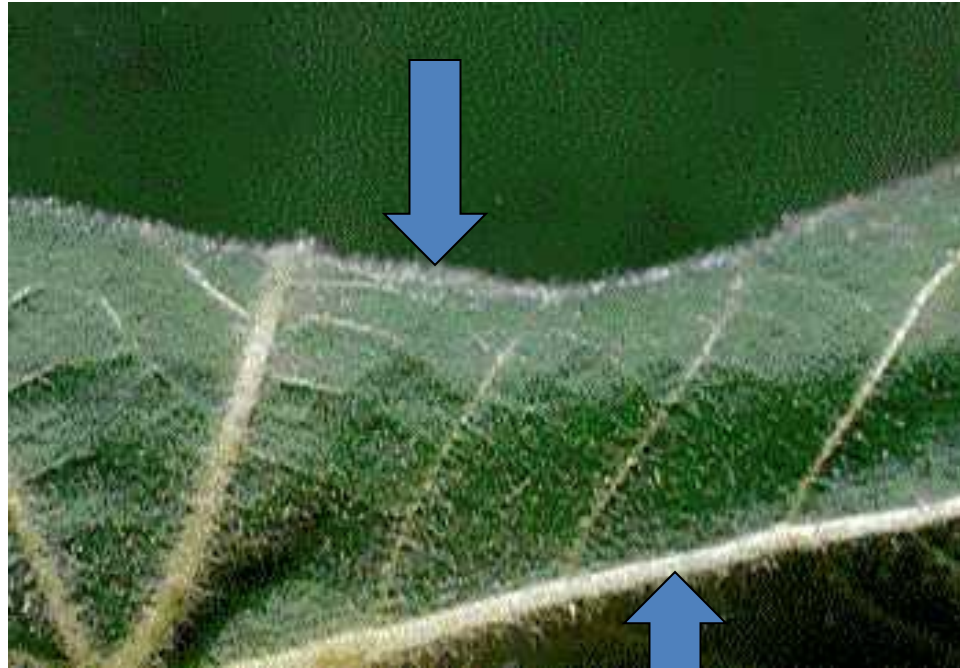
# **Revue des outils disponibles**

- **Les caractères de résistance variétale**

**Aux maladies, aux ravageurs, à la sécheresse**

# Utiliser des mécanismes naturels

- Des obstacles morphologiques
  - Pilosité



- Des barrières chimiques
  - Préexistantes : gossypol
  - Induites par les attaques : acide salicylique

# Utiliser des mécanismes naturels





# Utiliser des mécanismes naturels



# Revue des outils disponibles

- Les facteurs de régulation naturelle:

Ennemis naturels, certains sous l'influence directe du climat (champignons)

# L'emploi de parasitoïdes

## Lâchers inondatifs (Ouzbékistan)



# Revue des outils disponibles

## Attirer ou retenir les ennemis naturels en Australie

PredFeed® à base de levure (yeast): 2.5 kg/ha

## Autres mentions dans le Cotton Pest Management Guide 2009-2010

([www.dpi.nsw.gov.au](http://www.dpi.nsw.gov.au))

Envirofeast®: 2.5 kg/ha

Aminofeed®: 3 l/ha

**... mais les insectes utiles  
ne sont pas toujours capables  
de contenir les populations de ravageurs  
en dessous des seuils de nuisibilité**



**Il faut alors intervenir...**



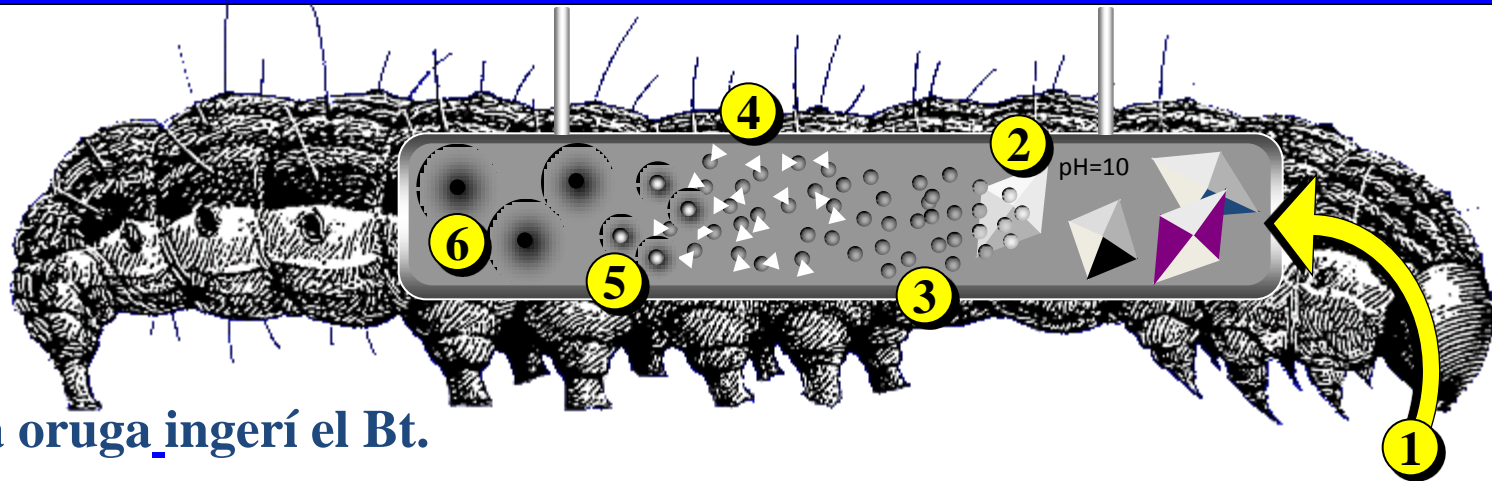
# L'emploi de bio pesticides

**Pulvérisation d'entomopathogènes**

***(Bacillus thuringiensis)***

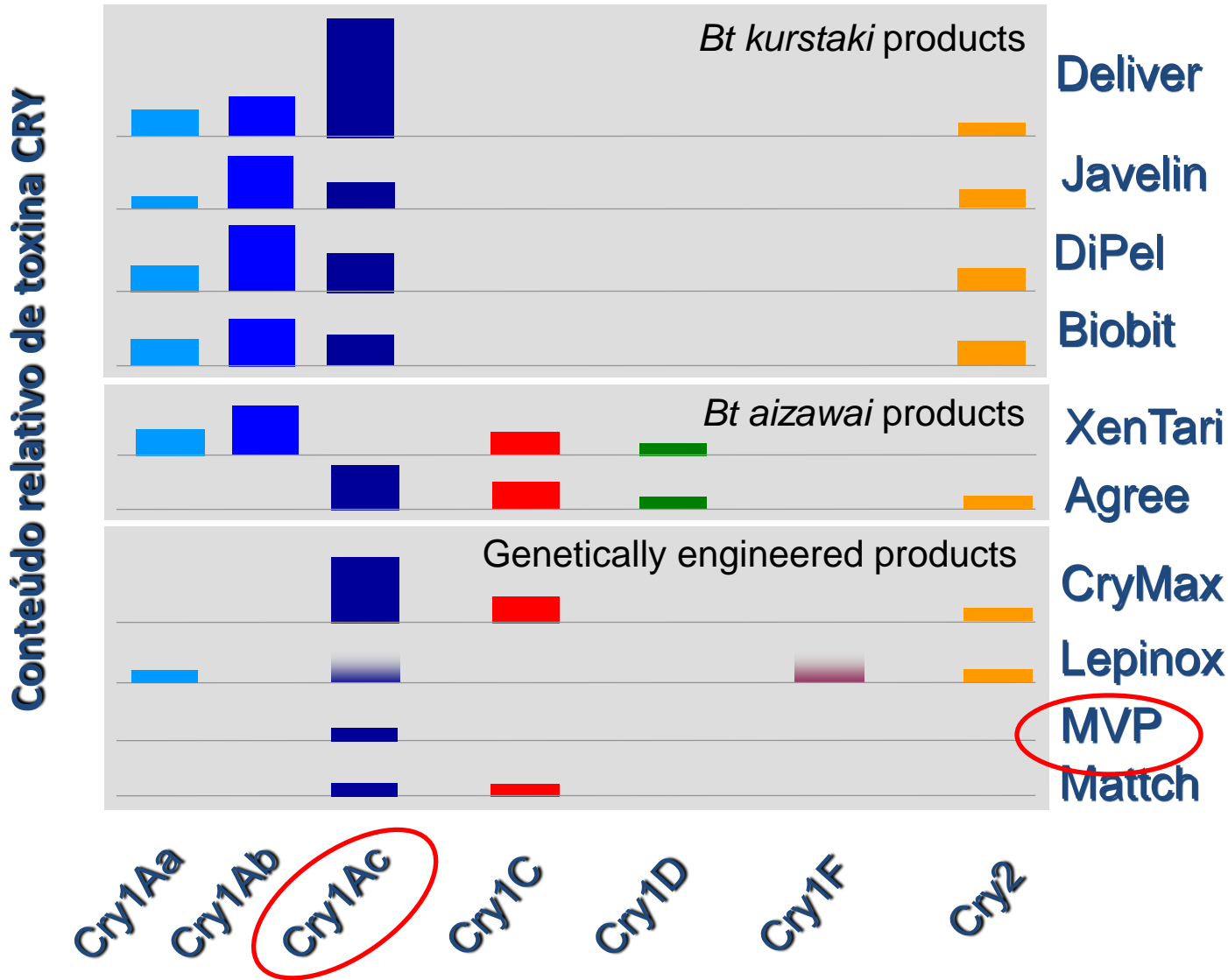
**Nombreuses formulations**

# Mode d'action de *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*

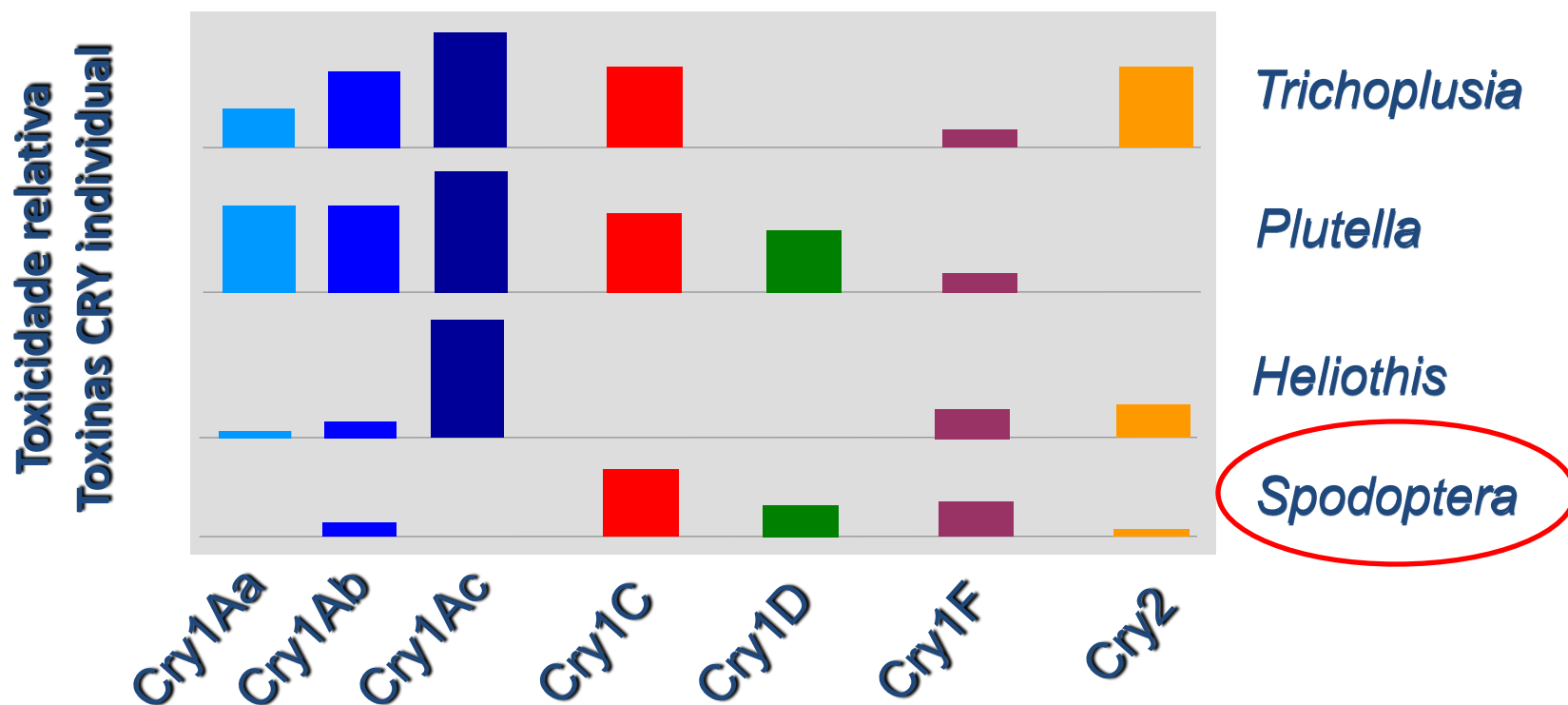


1. La oruga ingerá el Bt.
2. La toxina cristalina se disocia en el medio alcalino del intestino medio
3. Las moléculas Protoxina son liberadas de los cristales disociados
4. Las moléculas Protoxina son “activadas” por las enzimas digestivas
5. Las moléculas activadas de  $\delta$ -endotoxina se ligan a los receptores de las células
6. La toxina destruye las células del intestino medio
7. El intestino es paralizado, el insecto para de se alimentar
8. La muerte ocurre por choque osmótico, septicemia ( germinación de los esporos), o falta de alimentación

# Profils d'endotoxines dans les produits *Bt* utilisés contre les Lépidoptères



# Toxicité des $\delta$ -endotoxines de *Bacillus thuringiensis* vis à vis des Lépidoptères importants



# L'emploi de bio pesticides

## Pulvérisation d'entomopathogènes (virose NPV en Australie)

### VivusMax®

**VIVUS**® polyhedral inclusion bodies (PIBs)  
of the nucleopolyhedrovirus (NPV) of *H. armigera*



# Revue des outils disponibles

- Les phéromones (comportement)

Sexuelles

Phéromones d'agrégation

# Les phéromones

Utilisées pour :

- le piégeage  
(dynamique des pops)





# Les phéromones

Utilisées pour :

- la confusion sexuelle





# Les phéromones

Utilisées pour :

- la réduction des populations (tube *mata picudo*)
- la réduction du ver rose (Pérou)



# **Revue des outils disponibles**

## **Stratégie « attract and kill » (comportement insecte)**

### **Phagostimulant en Australie (comportement chenilles/adultes)**

Mobait® à base de sucre (sugar): 0.5 l/ha

### **Phagostimulant en Australie (comportement adultes)**

Magnet®

**Cotton Pest Management Guide 2009-2010**

([www.dpi.nsw.gov.au](http://www.dpi.nsw.gov.au))

# Un exemple en Australie...contre *H. armigera* et *H. punctigera*



**MAGNET®** insect **attractant** technology

Ag Biotech Australia Pty Ltd

Mobile: 0425 232 052

Email: [ahawes@agbiotech.com.au](mailto:ahawes@agbiotech.com.au)

(*The Australian cottongrower*)

# **Revue des outils disponibles**

- **Les extraits végétaux (coton biologique)**

**Modes d'action ? Effet de répulsion**



# Exemple au Paraguay



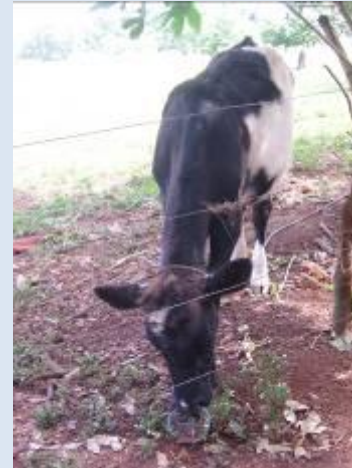
**Paraiso :** cualquier  
lugar del campo

Hojas y semillas



**Guembê :**  
monte o jardin

Hojas



**Orín de vacuno**  
ganadería

+



machacar



Fermentación



# Multiples variations



Ajenjo

## Pilar :

Paraíso

+ Cebolla

+ Ajo

+ Ajenjo

Preparación según la disponibilidad de los varios ingredientes por el productor.

## *Ortiga (pyno)*



## Aratex O. :

Guembe

+ Paraíso

+ Ortiga

+ Orín de vaca

→ Repela a los insectos en general por olores o sabores fuertes

# Revue des outils disponibles

- **Biocides organiques de synthèse**

**Insecticides aphicides acaricides  
fongicides nématocides**

**Usages préventif ou curatif**



# Impact parfois spectaculaire du traitement de semences



**Contrôle des Jassides par traitement des semences  
(Thaïlande)**



# Le cas du cotonnier

La grande part accordée à l'utilisation d'insecticides en culture cotonnière...

- depuis 1945

- DDT, puis OP, puis pyréthriinoïdes

Avec des consommations très contrastées

- très faibles au Moyen Orient et Asie centrale

- très fortes en Amérique Centrale

- forte consommation souvent liée à la désorganisation de la filière, mais aussi à une résistance des insectes aux produits employés

# Emploi généralisé des pesticides

Répartition de l'utilisation des pesticides dans le Monde à la fin du XXe siècle :

Fruits et légumes	26%
Céréales	15
Maïs	12
Riz	10
Soja	9.4
Coton	8.6
Betterave	3
Autres	16

Source : PAN-UK



**80 -120 litres/ha**



# **Application aérienne : appareils à dos ou à disque rotatif**



**1- 10 litres/ha**



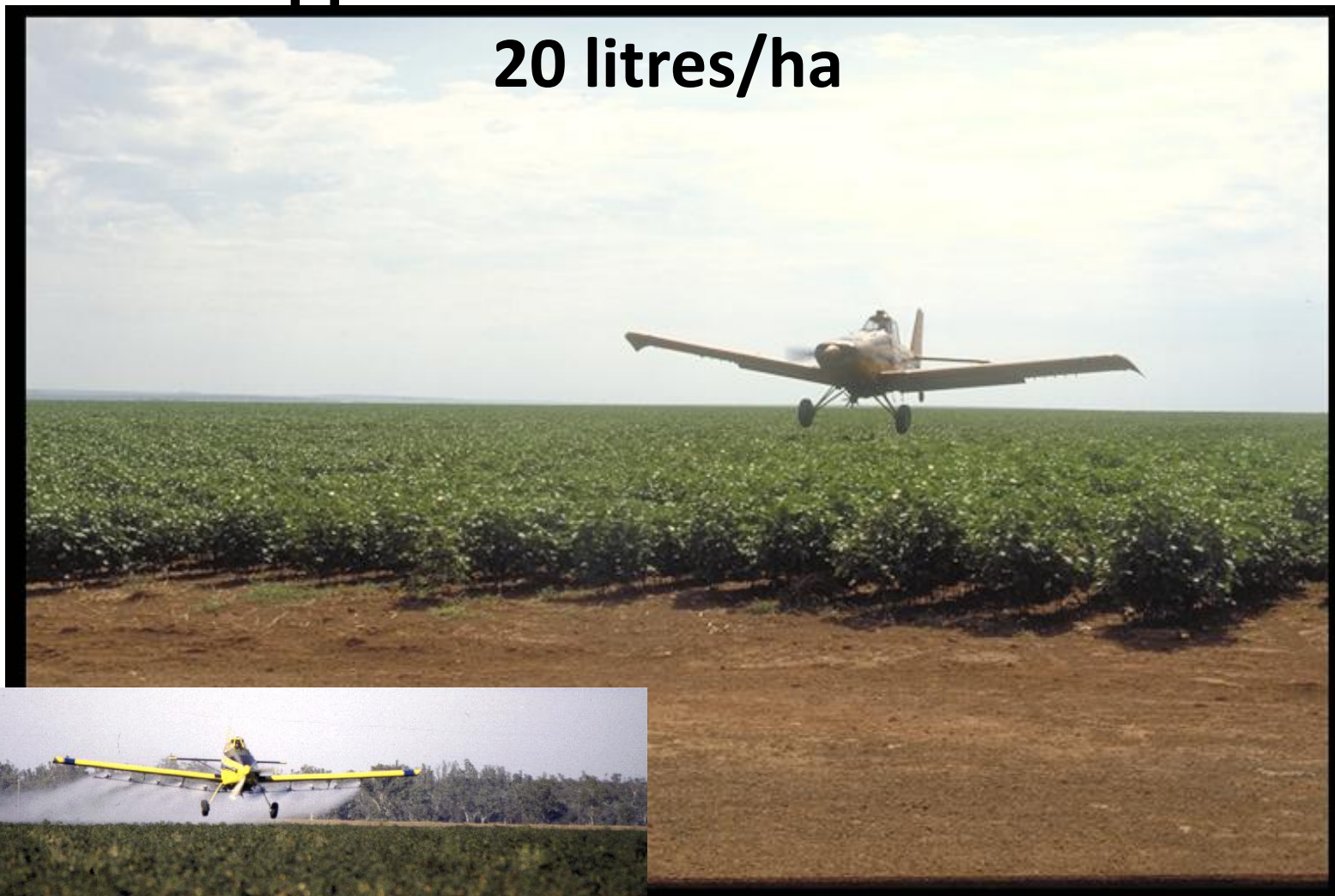


# Application aérienne : tracteur avec barre 100- 200 litres/ha



# Application aérienne : avion

20 litres/ha





# Application aérienne : avion

## 20 litres/ha



Quels problèmes ?

# Une image négative

Du fait de la manipulation de ces pesticides  
par des paysans des PVD,

peu informés sur les risques, aux précautions à  
prendre, mal équipés par manque de moyens,

problèmes environnementaux  
difficiles à gérer.







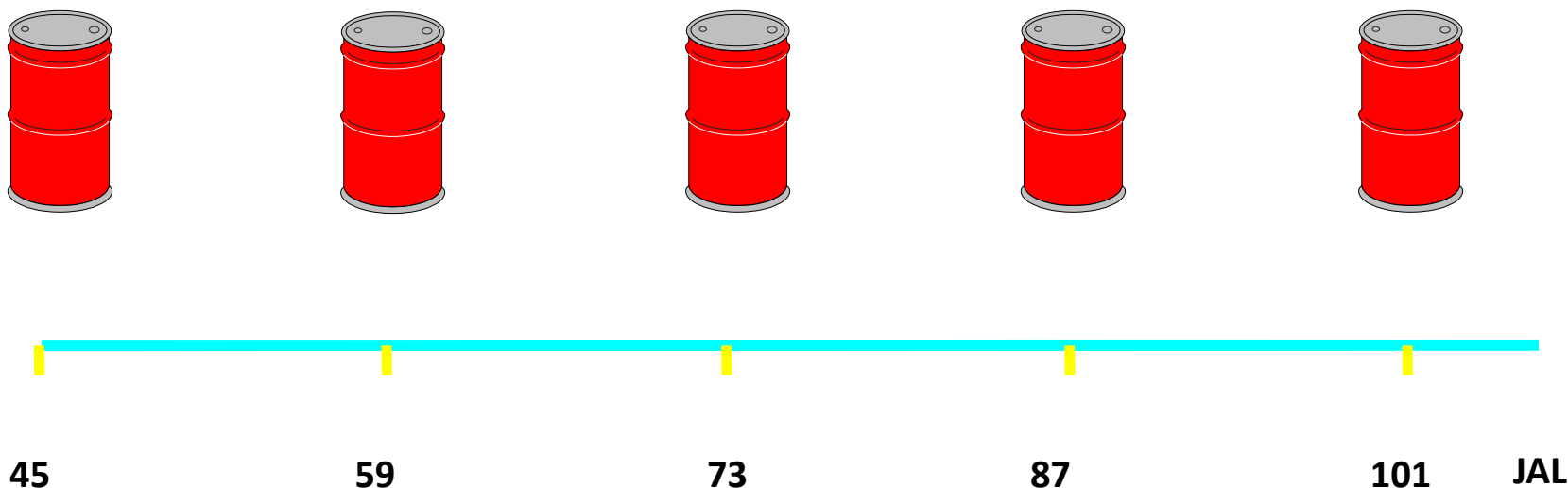
# Un recyclage des emballages nécessaire



# **La gestion durable des problèmes phytosanitaires en culture cotonnière: une nécessité**

**Respecter la Santé humaine comme l'Environnement  
pendant et après les applications**

# Halte aux Programmes sur calendriers !



ULV

formulations huileuses

3 l/ha

Micro-Ulva



EC 10l ha

formulations solubles dans l'eau

10 l/ha

Micro-Ulva +

# **Revue des outils disponibles**

- **L'emploi de seuils pour limiter l'usage des pesticides**

**Lutte raisonnée**

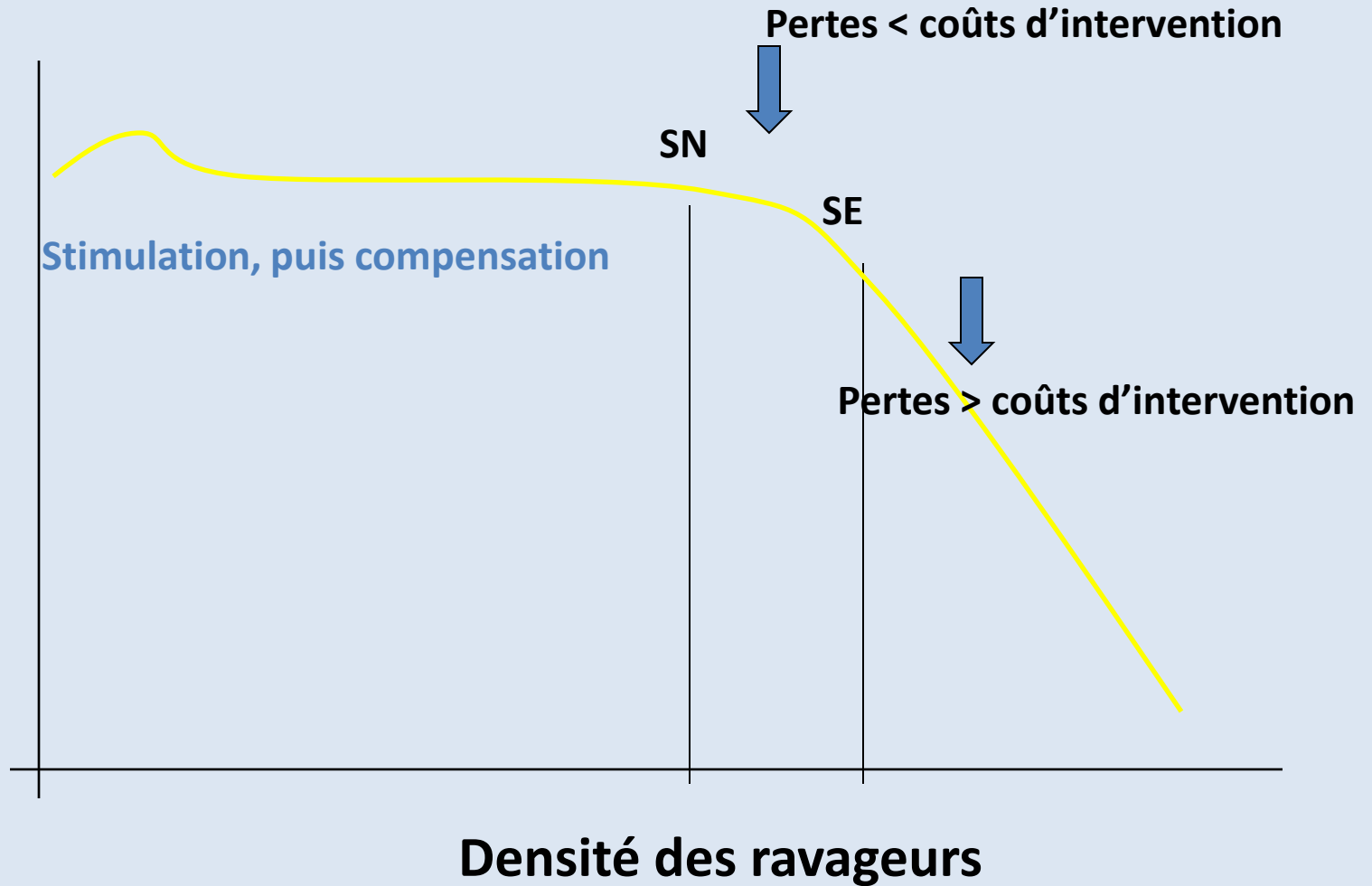
# La notion de seuils

- **Seuil de nuisibilité :**
  - les dégâts ne peuvent être compensés  $\Rightarrow$  pertes de récolte
- **Seuil économique :**
  - Les coûts directs (et indirects) d'une intervention équilibrent les pertes économiques liés aux dégâts



# La notion de seuils

production



# Le seuil d'intervention

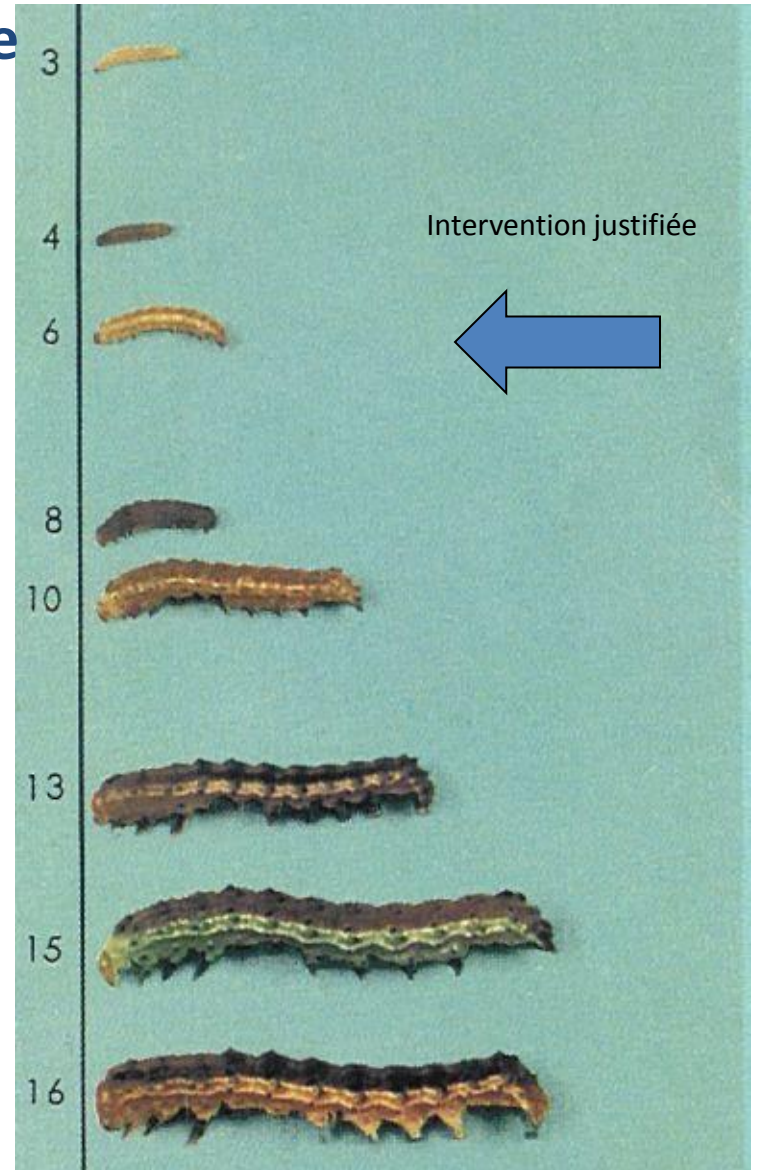
- Le seuil économique doit ensuite être traduit en seuil d'intervention (« action threshold »):
  - C'est le nombre d'insectes observés par plante ou par unité de surface
  - Il résulte du plan d'échantillonnage choisi : au hasard, systématique, séquentiel
  - Et des stades de l'insecte que l'on est en mesure d'observer
- Il peut être modifié selon les stades de développement de la plante
- Il nécessite souvent l'emploi de modèles

# La notion de seuil

- Pas toujours facile à mettre en place
  - Connaître et reconnaître les ravageurs
    - Exemple : Chenilles endocarpiques



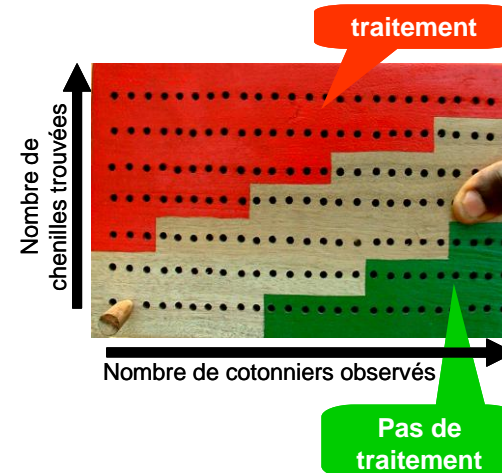
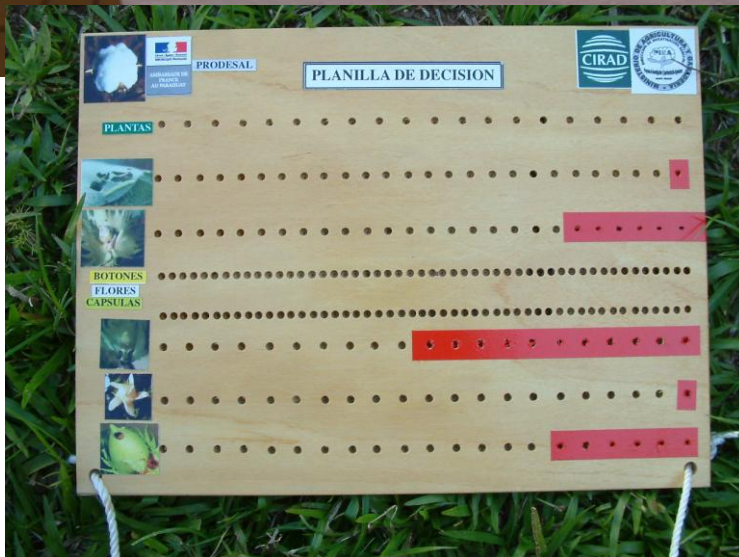
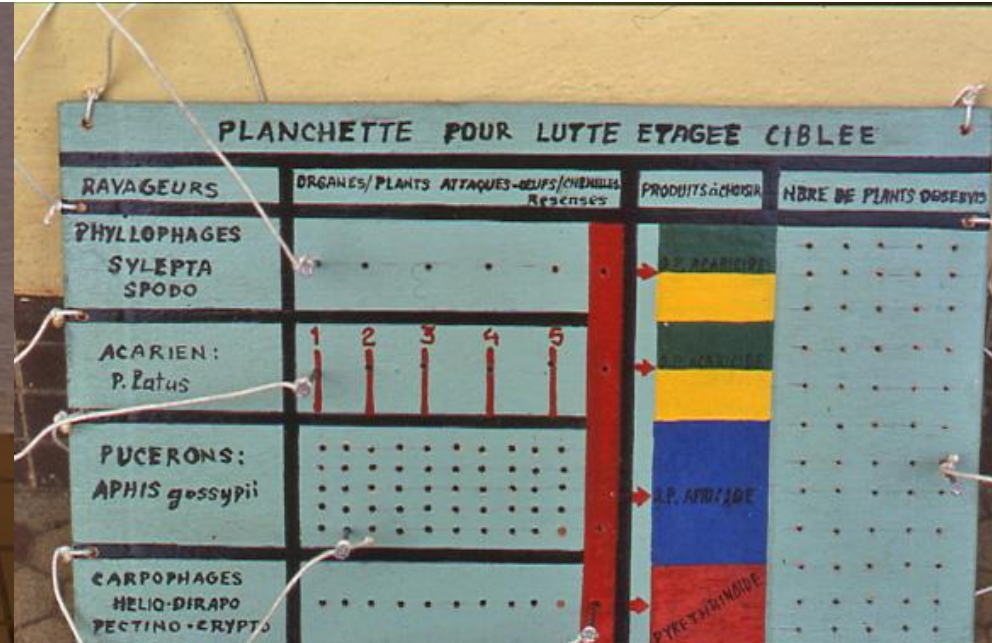
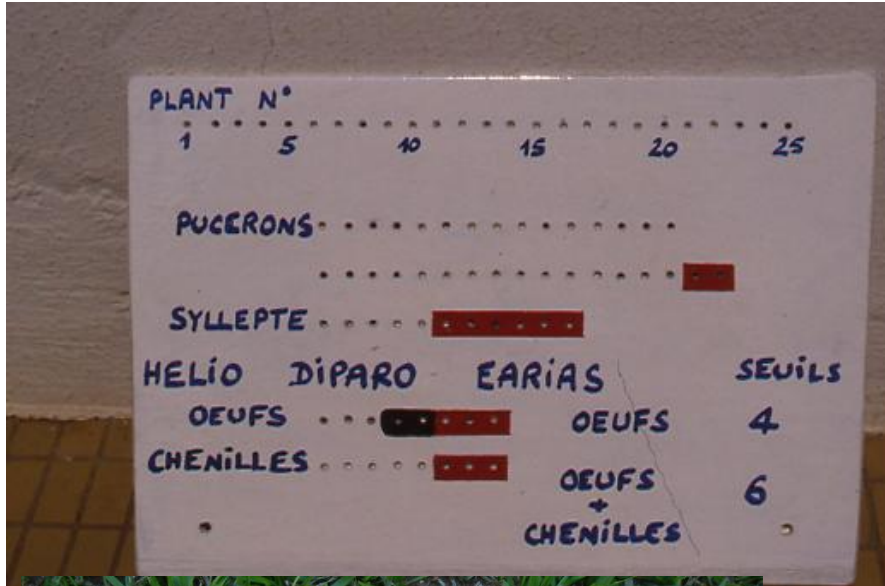
- Identifier les stades sensibles



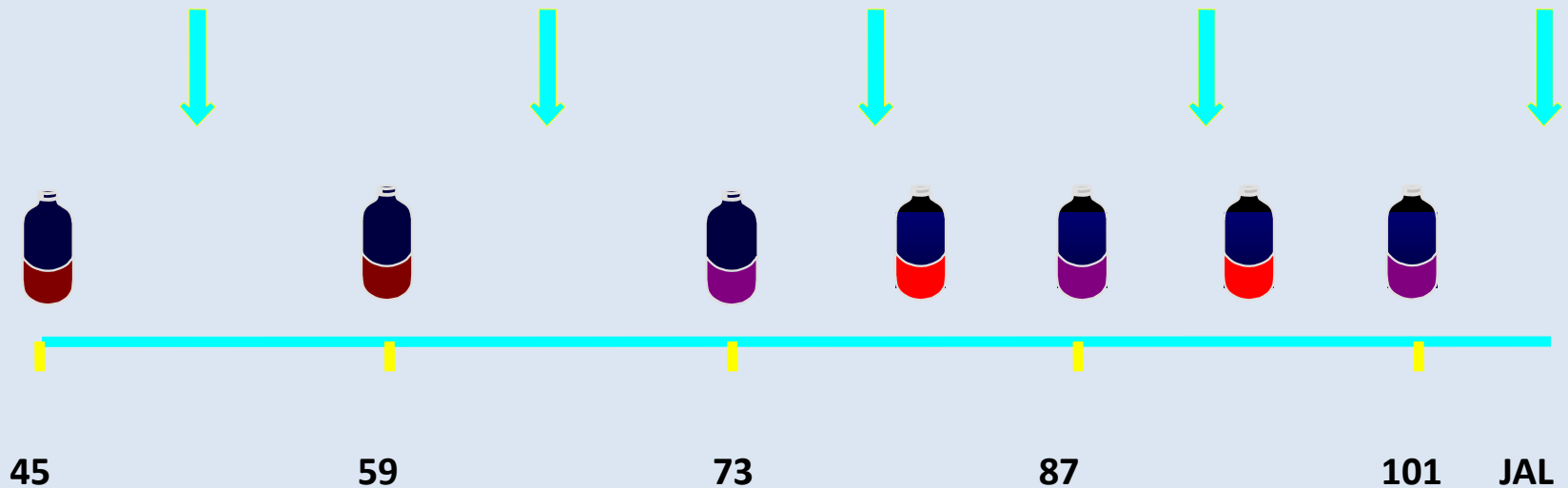


# Des outils d'aide à la décision

## Planchettes ou « peg board »



# Une alternative à court terme : la lutte étagée ciblée



TBV

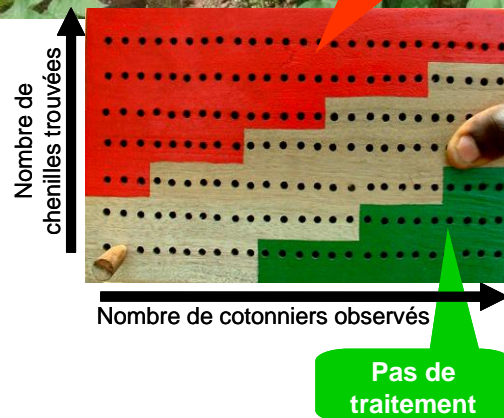
formulations EC

10 l/ha

Ulva +

# Mise en œuvre de programmes de traitements « raisonnés »

Définition de traitements sur seuil/ réduction d'utilisation des insecticides / écoles paysannes, enquêtes / Cameroun, Mali, Bénin (LEC/LOIC)



LOIC « Lutte sur observation individuelle des chenilles »

- 2200 planteurs et >1000 ha en 2009
- diminution du nombre de traitements en cas de faibles infestations
- meilleur ciblage des traitements en cas de fortes infestations
- formation participative à la gestion agronomique de la parcelle

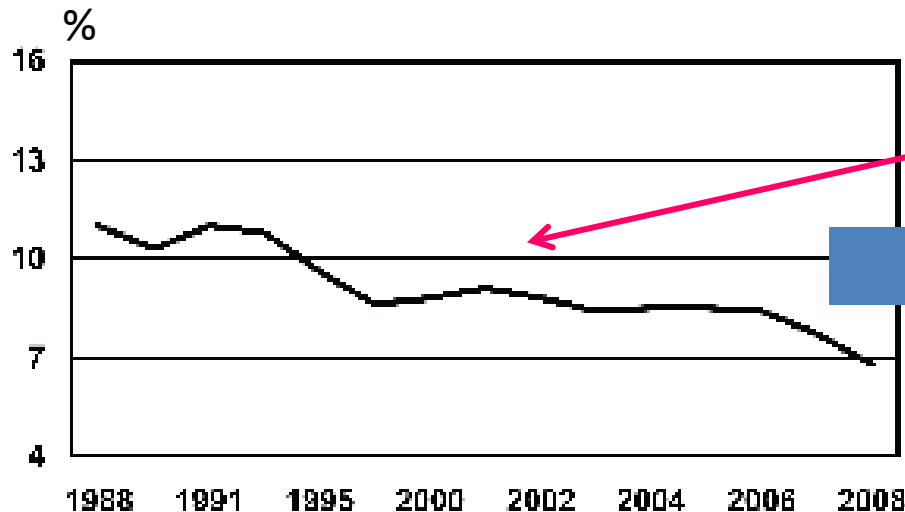


## Northern Regions: Central Highlands, Dawson and Callide Valleys





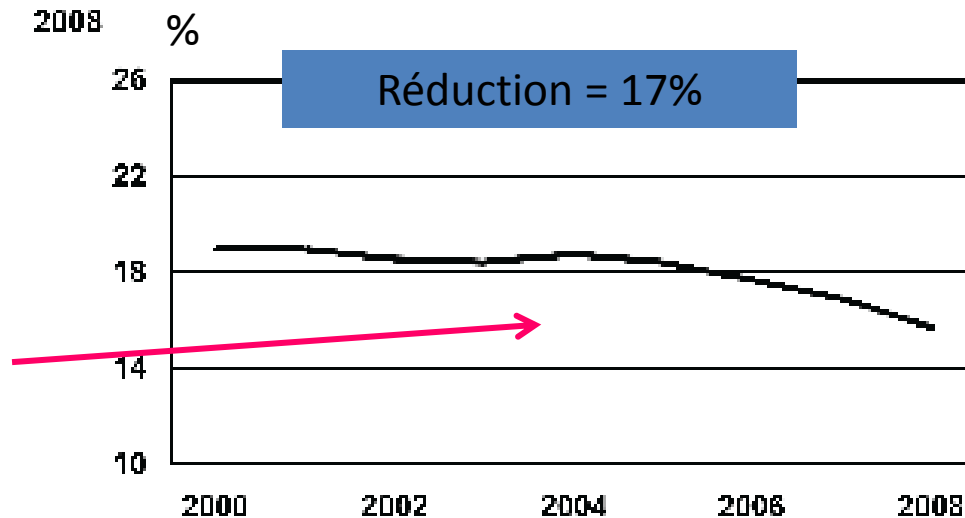
## Une réduction de l'usage des pesticides/insecticides est déjà constatée



En valeur de ventes, part des pesticides « coton »

Réduction = 38%

En valeur de ventes, part des insecticides « coton »



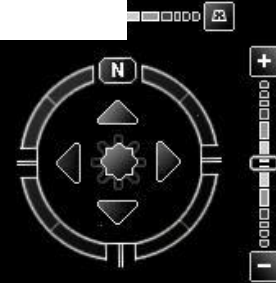
Réduction = 17%

(Source: The ICAC Recorder, vol. 25 (4), décembre 2009)

# Revue des outils disponibles

- L'emploi de plantes transgéniques

# La situation des cotonniers Bt en Afrique



Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO  
© 2010 Tele Atlas  
US Dept of State Geographer  
© 2010 Europa Technologies

©2007 Google™

Pointeur 3°18'18.39" N 29°42'12.48" E élév. 3269 ft

Mise au point ||||| 100%

Altitude 8539.65 mi

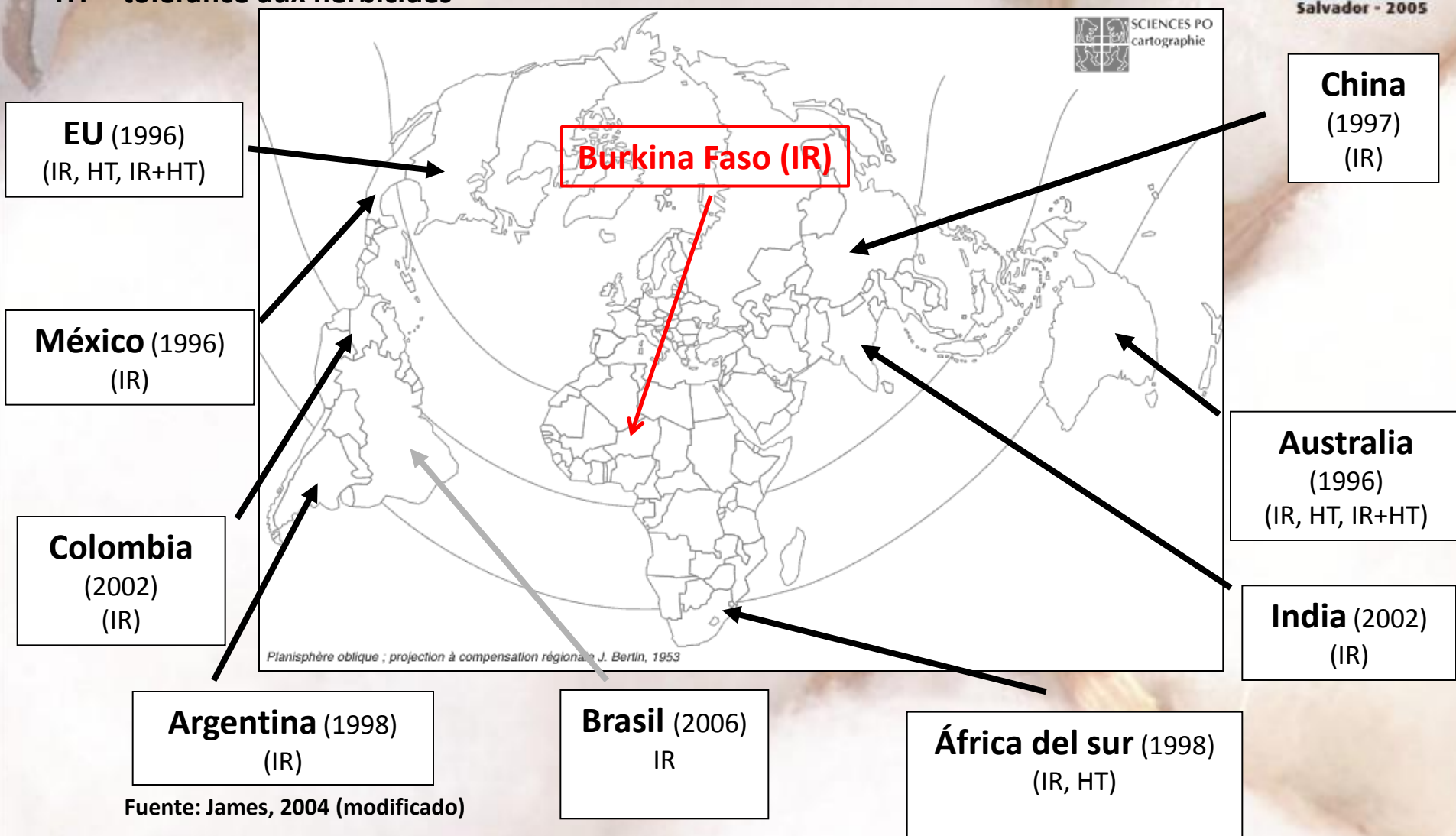


# 10 pays ont autorisé l'emploi commercial de cultivars de cotonniers GM

IR = résistance aux insectes

de cotonniers GM

HT = tolérance aux herbicides



# coton Bt

Grown commercially



Heliothines  
(and also pink bollworm  
and *Earias*)

Cry1Ac (Bollgard, Ingard)

Cry1Ac-b

Cry1Ac-b/CpTI

Cry1Ac/2Ab (Bollgard II)

Cry1Ac/1F (WideStrike)

wider spectrum

With approval

Cry1Ab/Vip3A (VipCot)

Under development

Cry1Ac/2Ab/1F

wider spectrum against lepidopterans

(Source: Juan Ferré, Valencia, Espagne, 06-2010)

# Cotonniers résistants aux insectes

Toxine	Insectes-cibles	Nom commercial
Cry1Ac (1996)	<i>Helicoverpa</i> spp. / <i>Heliothis virescens</i> <i>Pectinophora gossypiella</i> , <i>Alabama argillacea</i> , <i>Earias</i> spp.	Bollgard <sup>®</sup> , Ingard <sup>®</sup> (Monsanto)
Cry1Ac + Cry2Ab2 (2003)	<i>Helicoverpa</i> spp. / <i>Heliothis virescens</i> <i>Pectinophora gossypiella</i> , <i>A.argillacea</i> + <i>Spodoptera</i> spp.	Bollgard II <sup>®</sup> (Monsanto)
Cry1Ac + Cry1Fa2 (2005)	<i>Helicoverpa</i> spp. / <i>Heliothis virescens</i> <i>Pectinophora gossypiella</i> , <i>A.argillacea</i> + <i>Spodoptera</i> spp.	WideStrike <sup>®</sup> (DowAgrosciences)
Vip3A* (200..?)	<i>Helicoverpa</i> spp. / <i>Heliothis virescens</i> <i>Pectinophora gossypiella</i> <i>Spodoptera</i> spp., <i>Agrotis ipsilon</i> , ...	VipCot <sup>®</sup> (Syngenta)

# Chine

---

## **Cry1Ac/Cry2Ab**

- **Better bollworm mortality**
- **Extends effectiveness to leafworms**
- **Should delay resistance**

---

## **Cry1Ac/ Cowpea trypsin inhibitor**

- **Provides a moderate level of  
suppression of number of key pests**
- **Should delay resistance**



# Quelques questions

## Risques et impacts sur l'environnement

**1 Flux de gènes des transgenes (herbicides, en particulier) ?**

**2 Transfert horizontal (aux bactéries du sol) ?**

**3 Effets sur les Arthropodes non-cibles et les organismes aquatiques ?**

**4 Non efficacité au champ/Resistance des ravageurs-cibles à la ou aux toxines employées ?**

# Une diversité de ravageurs

*Agallia albidula*



*Spodoptera* spp.



*Anthonomus grandis*



*Pectinophora gossypiella*



*Spodoptera frugiperda*



Dégâts de  
*Alabama argillacea*



*Bemisia tabaci*



*Heliothis virescens*

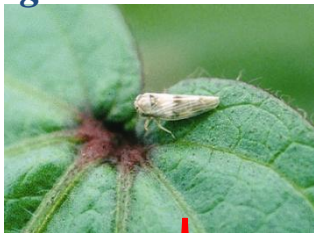


*Alabama argillacea*



# La toxine Cry1Ac ne tue pas tous les ravageurs

*Agallia albidula*



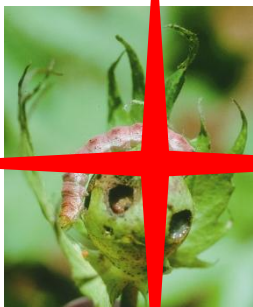
*Spodoptera* spp.



*Anthonomus grandis*



*Pectinophora gossypiella*



*Heliothis virescens*



*Spodoptera frugiperda*



Dégâts de  
*Alabama argillacea*



*Bemisia tabaci*



*Alabama argillacea*



# Les toxines **Cry1Ac** et **Cry1F** ne tuent pas tous les ravageurs

*Agallia albidula*



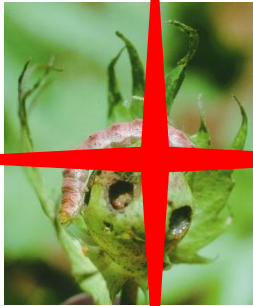
*Spodoptera* spp.



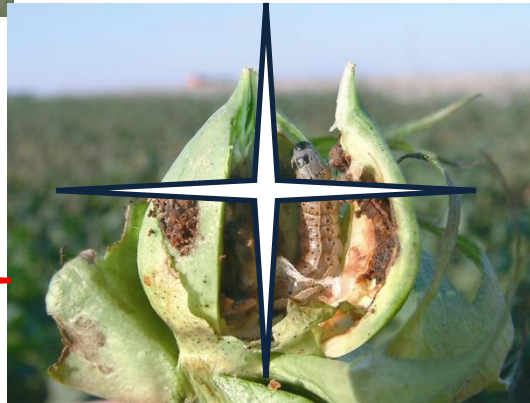
*Anthonomus grandis*



*Pectinophora  
gossypiella*



*Heliothis  
virescens*



*Spodoptera  
frugiperda*



Dégâts de  
*Alabama  
argillacea*



*Bemisia tabaci*



*Alabama argillacea*



Avec le cotonnier Bt (**Cry1Ac**) quoi de neuf chez les ravageurs ?

Nouveaux ravageurs signalés

## Chenilles

*Spodoptera litura* (Chine, Asie, Australie)

*Spodoptera eridania*, *Pseudoplusia includens*  
(Brésil)

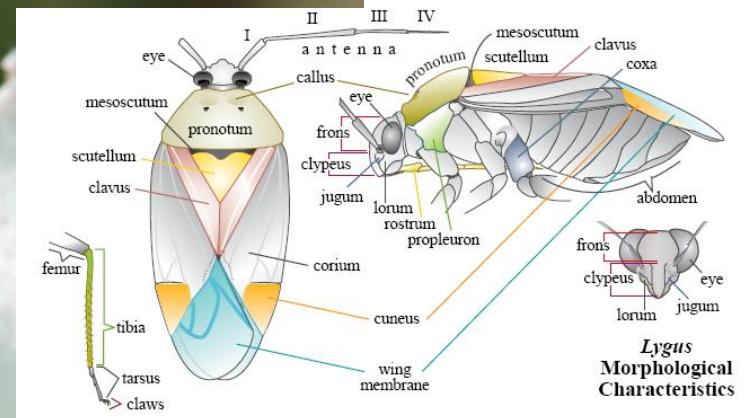
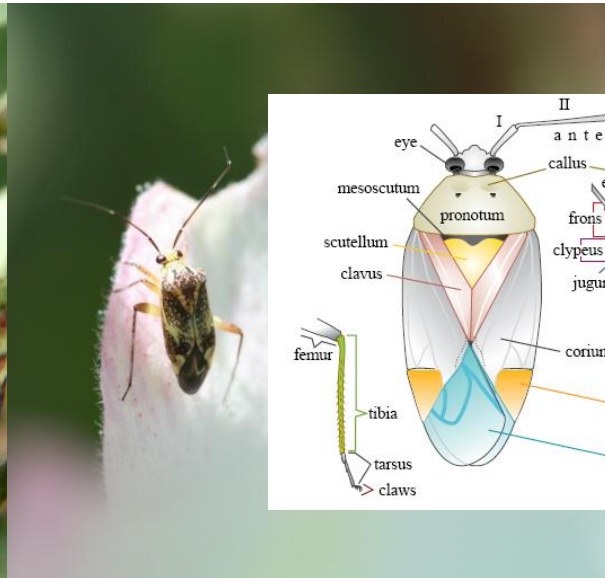


# Punaises

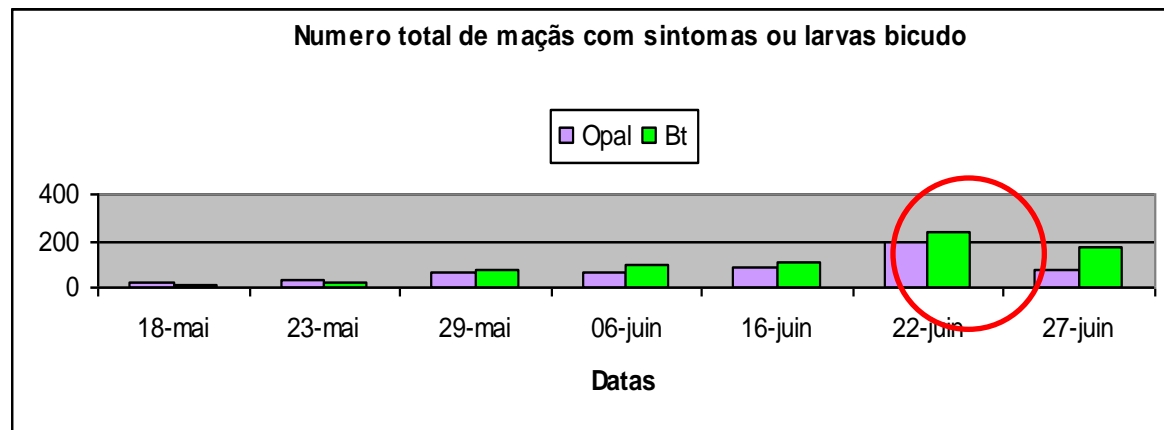
Australie: Miridae (*Creontiades dilutus*), Pentatomidae (*Nezara viridula*)

Chine: Miridae (*Lygus lucorum*, *Adelphocoris fasciaticollis*, *A. lineolatus*)

USA: Miridae (*Lygus lineolaris*, *Lygus hesperus*, *Lygus elisus*)  
Pentatomidae (*Euschistus servus*, *Nezara viridula*, *Acrosternum hilare*)



## *Anthonomus grandis*



# Visiteurs des fleurs

*Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 148*

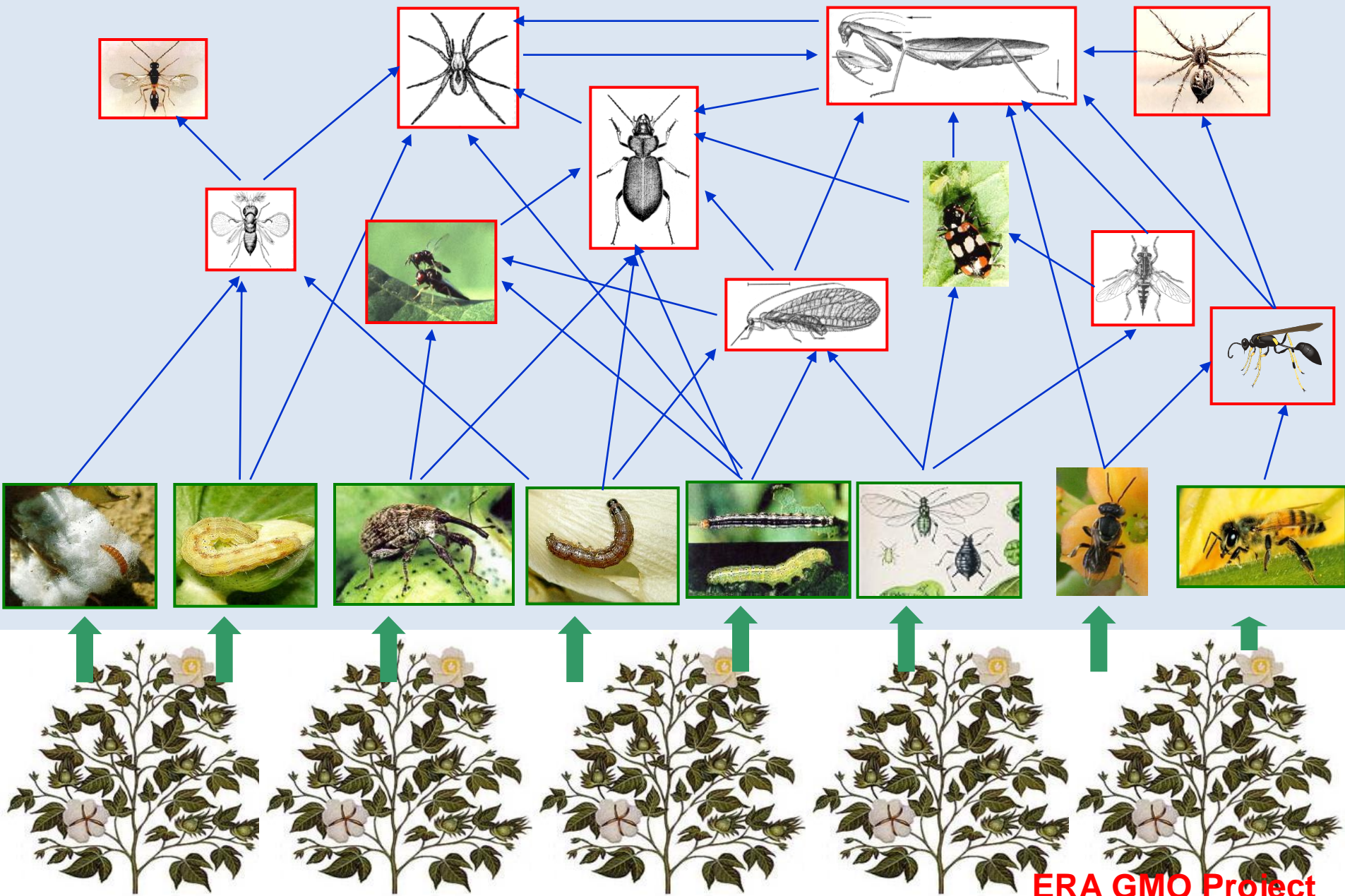
(EMBRAPA, Carmen Pires *et al.*, 2006)



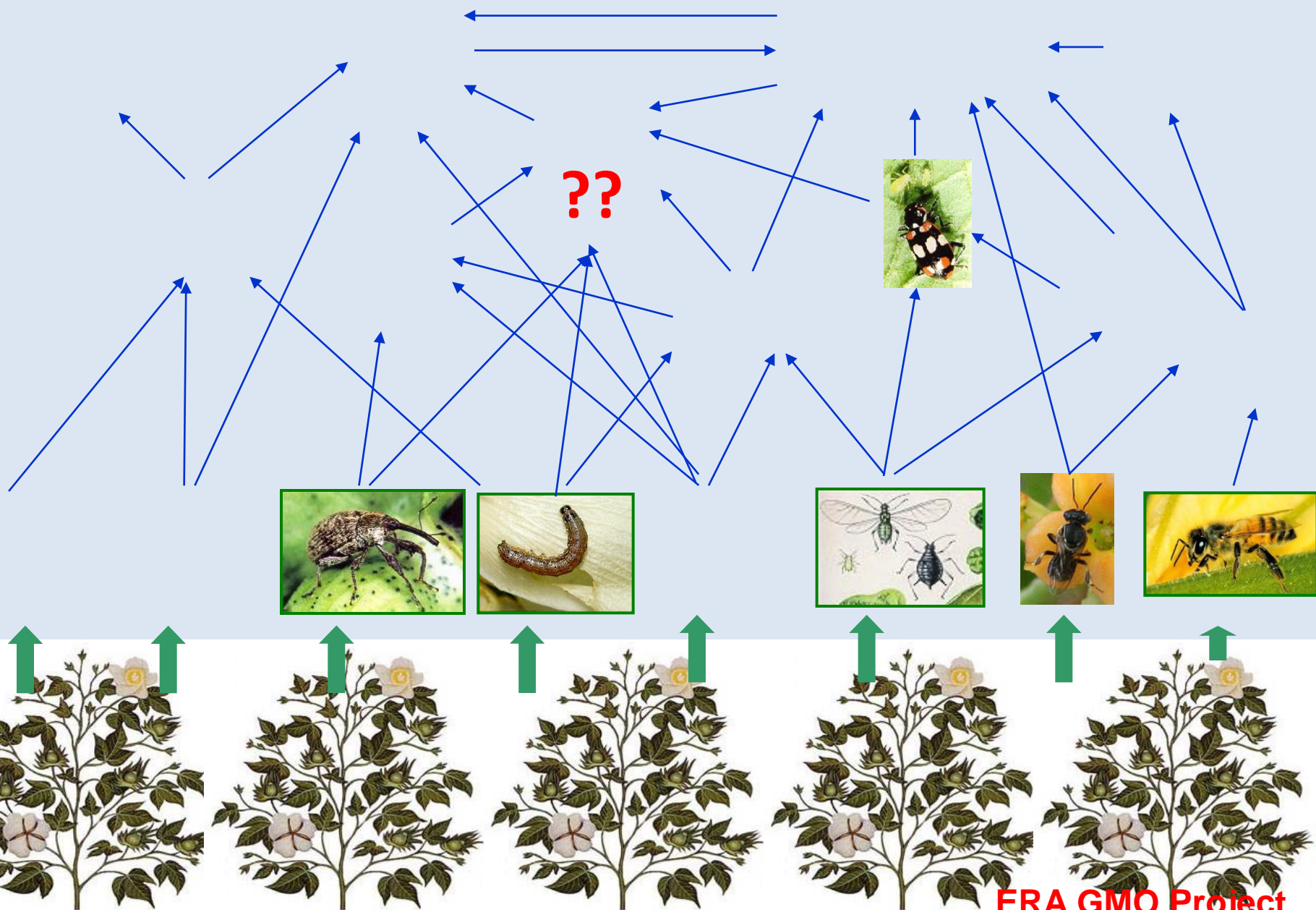
Foto 1: Algumas espécies de abelhas coletadas em flores de algodoeiro no Distrito Federal na floração de 2003 preparadas para identificação entomológica.



# Le complexe des relations trophiques



# Modifications de certaines relations trophiques



# **Observations faites sur ennemis naturels**

**Un site web intéressant**

**<http://delphi.nceas.ucsb.edu/btcrops/main/search>**

# **Revue des outils disponibles**

- **Les connaissances acquises sur les ravageurs, et les systèmes de culture**

**Cycles de vie, biologie, plantes hôtes**

Perspectives de recherche: écologie du paysage

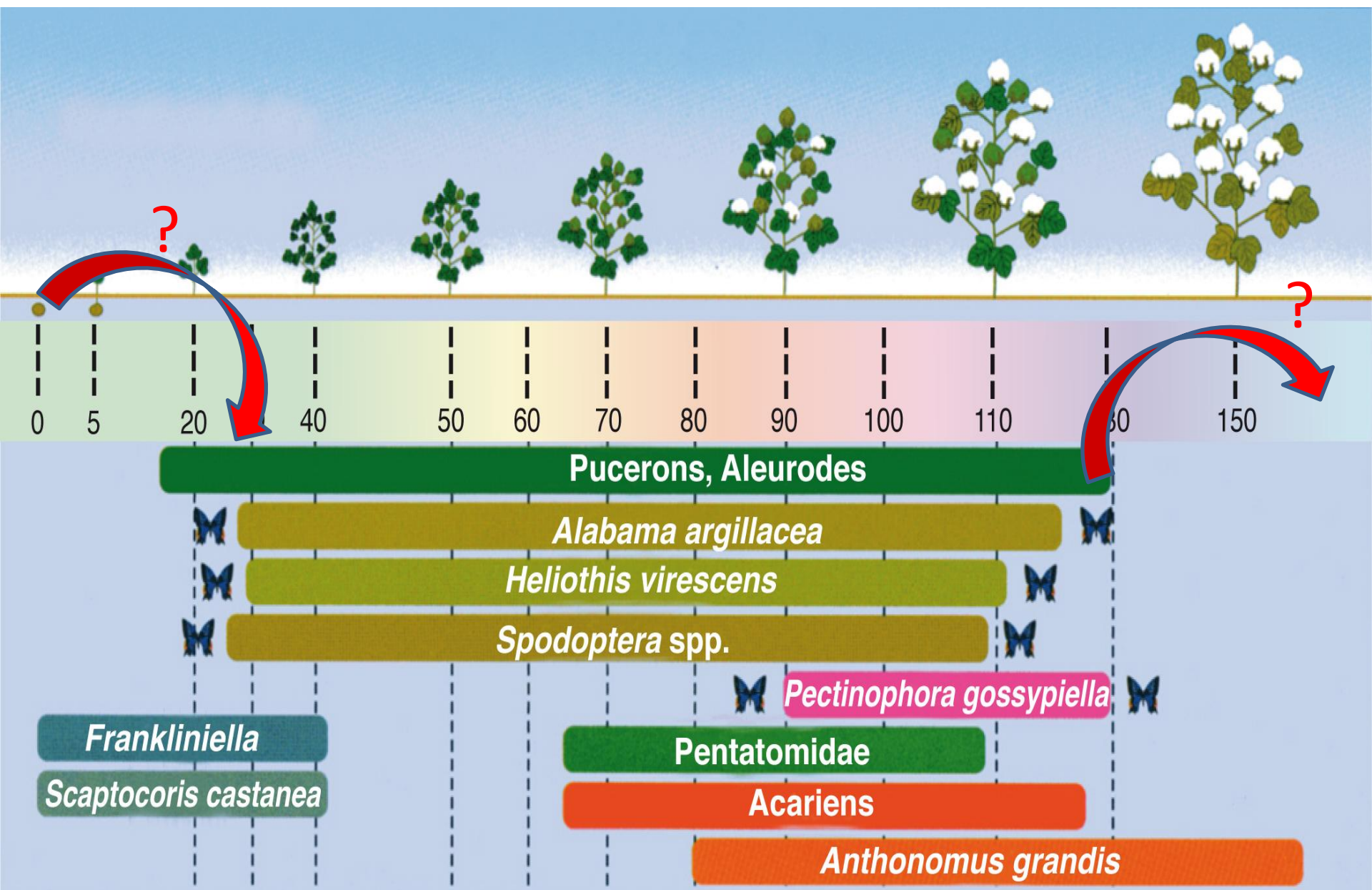


# Ecologie du paysage

Analyser l'influence de l'environnement ou d'aménagements du paysage sur

- la dynamique des populations de bio agresseurs (migration, courte distance)
- les composantes de la protection intégrée (ennemis naturels)





Et en dehors du cotonnier ?

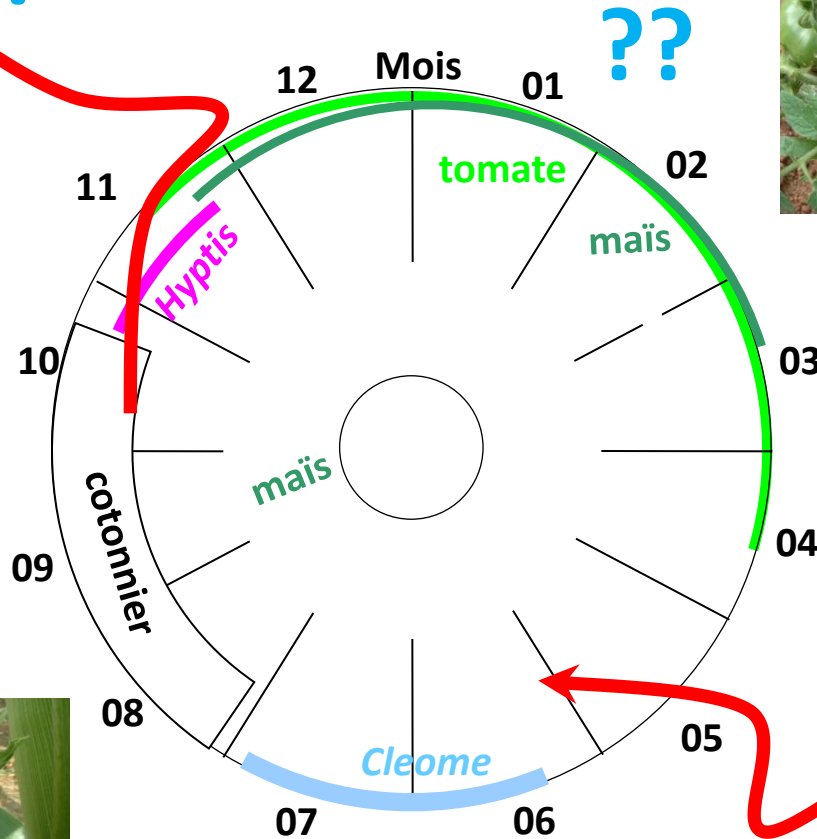




## Utilisation des ressources

*Helicoverpa armigera*

Émigration ??



vs. local diapause



immigration ??



# **Conclusions: ultimes recommandations pour une gestion durable**

**1.Cultiver une plante saine**

**2.Conserver au mieux la biodiversité**

**3.Intervenir en lutte chimique avec discernement**



# 1.Cultiver une plante saine

- réduire la compétition exercée par les mauvaises herbes
- échapper aux nuisances par la mise en place d'**itinéraires techniques** adaptés aux dynamiques parasitaires locales
- maintenir les nuisances en-dessous de leur seuil de nuisibilité par le choix d'une **variété résistante** à certaines maladies ou certains ravageurs

## 2. Conserver au mieux la biodiversité

- Respecter la biodiversité dans le paysage agricole et dans l'agro-système
- Favoriser l'installation de populations d'auxiliaires (entomophages et entomopathogènes) dans et autour des cultures
- Raisonner les interventions chimiques en fonction de l'activité des auxiliaires

### **3.Intervenir en lutte chimique avec discernement**

- identifier la cible**
- respecter le seuil d'intervention:  
n'intervenir que si le seuil est atteint**
- choisir le stade sensible et la dose utile**

# Conclusions: ultimes recommandations pour une gestion durable

1.Cultiver une plante saine

2.Conserver au mieux la biodiversité

3.Intervenir en lutte chimique avec discernement

**4.Faire participer les acteurs (participatif)  
formation, information**





La clef du succès

